

ESPERANDO TIEMPOS MEJORES

LAS OCULTACIONES
TARDORROMANAS DEL S. V D. C.
EN CUBAS DE LA SAGRA
(COMUNIDAD DE MADRID)



EL PRESENTE
DE LA
ARQUEOLOGÍA
MADRILEÑA

Esperando tiempos mejores

Las ocultaciones tardorromanas del s. V d. C. en Cubas de la Sagra
(Comunidad de Madrid)

MUSEO ARQUEOLÓGICO REGIONAL

Alcalá de Henares

2015 - 2016

ÍNDICE

- 13 **Introducción.**
Carmen García Merino
- 19 **Nuevos contextos tardorromanos de ocultación.**
Camino de Santa Juana y Loranca, Madrid.
Pilar Oñate Baztán, Juan Sanguino Vázquez
y Luis Carlos Juan Tovar
- 39 **Ocultaciones de la primera mitad del siglo V d. C.**
en el interior de Hispania.
Alfonso Vigil-Escalera Guizado
- 55 **El espíritu del pasado. Genealogía y mito indígena**
en una sigillata tardía.
Isabel Baquedano Beltrán
- 69 **Análisis del material cerámico mediante técnicas arqueométricas.**
Fernando Agua, Juan F. Conde,
Manuel García Heras y M^a Ángeles Villegas
- 75 **La vajilla metálica de Camino de Santa Juana**
en el contexto de la producción metalúrgica romana.
Ignacio Montero Ruiz
- 83 **Análisis del vidrio mediante técnicas arqueométricas.**
Fernando Agua, Juan F. Conde,
Manuel García Heras y M^a Ángeles Villegas
- 91 **Restauración de los materiales.**
Javier Casado
- 109 **Para saber más.**

ANÁLISIS DEL VIDRIO MEDIANTE TÉCNICAS ARQUEOMÉTRICAS

Fernando Agua
Juan F. Conde
Manuel García-Heras
M^a Ángeles Villegas

Instituto de Historia, CCHS-CSIC. Calle Albasanz, 26-28. 28037 Madrid.

El hallazgo de un extraordinario conjunto de vidrios y materiales cerámicos, tanto en variedad como en cantidad, en las necrópolis y en otras áreas del yacimiento del Camino de Santa Juana en Cubas de la Sagra, planteó la necesidad de emprender un estudio arqueométrico de estos dos tipos de materiales con el propósito de profundizar en aspectos como su tecnología de producción, sus materias primas, su procedencia geográfica y el estado de conservación que presentaban.

Tradicionalmente, tanto el vidrio como el material cerámico se han venido estudiando desde un punto de vista tipológico y cronológico. Esto es, se estudian las formas y la decoración que presentan los objetos y se ordenan en una escala temporal según sus fechas de aparición en los distintos yacimientos. Sin embargo, este modo de estudiar el material, aunque necesario para ubicarlo en el tiempo, no es suficiente para determinar aspectos relacionados con la tecnología de producción, las materias primas, su transformación o su posible procedencia. Estos aspectos solo pueden estudiarse empleando técnicas de caracterización químico-física que son comunes a las empleadas en Ciencia de Materiales. La aplicación de este tipo de técnicas para el estudio de materiales antiguos es uno de los campos de conocimiento de la disciplina conocida como Arqueometría. Por ello, cuando se aplican a materiales antiguos se suelen enunciar como técnicas arqueométricas (García Heras y Villegas, 2004; Villegas *et al.*, 2008; García Heras, 2013).

ANÁLISIS DEL VIDRIO DE CUBAS DE LA SAGRA

Los vidrios analizados mediante técnicas arqueométricas proceden de las dos necrópolis tardorromanas halladas en las excavaciones del yacimiento arqueológico del Camino de Santa Juana, fechadas entre finales del siglo IV y mediados del siglo V d.C. Esta dos necrópolis se identifican como necrópolis Norte o alta y necrópolis Sur o baja. En 24 de las sepulturas excavadas en ambas necrópolis (un 16,9 % del total) se documentó vidrio en sus ajuares; y de estas 24, 18 contenían recipientes de vidrio (un 75 % de las mismas), constituidos por vasos y cuencos mayoritariamente de color verde oliva e incoloros y de las formas Isings 67, 96, 106, y 120 (Isings, 1957).

Los principales objetivos perseguidos en la realización de estos análisis consistieron en determinar la composición química de los vidrios, identificar sus cromóforos (esto es, los componentes responsables de su coloración), evaluar su estado de conservación y seleccionar una adecuada estrategia de conservación preventiva para su depósito y/o exposición en el Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid (Agua *et al.*, 2015).

Muestras de vidrio seleccionadas y técnicas de análisis

Para llevar a cabo los objetivos mencionados se seleccionaron un total de 14 muestras de vidrio procedentes de los ajuares de las sepulturas de ambas necrópolis. En la figura 1 se muestra el aspecto que presentaron algunos de los vidrios tras los trabajos de excavación. Debido a su aspecto y dado que uno de los objetivos perseguidos consistió en evaluar su estado de conservación, se analizaron también diversas muestras del sedimento adherido a la superficie de los vidrios, con el propósito de determinar su posible influencia en el deterioro de los mismos.



Figura 1. Aspecto de alguno de los vidrios tras los trabajos de excavación (CS-2 y CS-4 vidrios de la necrópolis Sur; CS-7 y CS-14 vidrios de la necrópolis Norte).

En la figura 2 se muestran los vidrios que fueron seleccionados para el presente estudio arqueométrico. En esta selección se eligieron vidrios de ambas necrópolis que abarcaran todas las coloraciones observadas: verde oliva, incoloro, incoloro amarillento, incoloro azulado y azul.

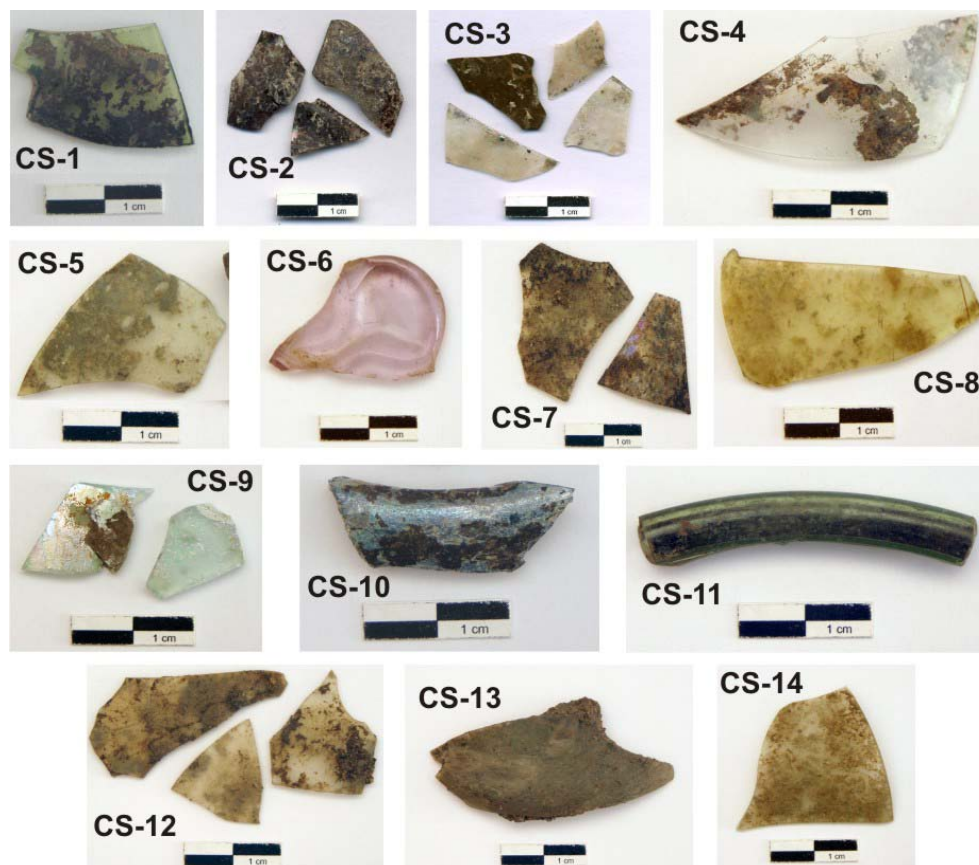


Figura 2. Estado de los vidrios analizados a su llegada al laboratorio (CS-1 a CS-4 vidrios de la necrópolis Sur; CS-5 a CS-14 vidrios de la necrópolis Norte).

Los análisis arqueométricos se llevaron a cabo mediante las siguientes técnicas convencionales: lupa binocular para estudiar las características macroscópicas de los vidrios, espectrometría de fluorescencia de rayos X (FRX) para determinar su composición química, difracción de rayos X (DRX) para identificar las fases mineralógicas de los sedimentos adheridos a las superficies de los vidrios, microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (MEBEC) con microanálisis de dispersión de energía de rayos X (EDS) para realizar la observación microestructural y el estudio microanalítico de las muestras y espectrofotometría visible para identificar los cromóforos responsables de la coloración de los vidrios.

Resultados de los análisis

Los resultados del análisis químico indicaron que todos los vidrios analizados son de silicato sódico cálcico de base natrón, es decir, que se utilizó natrón mineral como principal aportador de óxido de sodio, ya que los porcentajes de óxidos de magnesio y de potasio apenas superan el 1 % en peso (Sayre y Smith, 1961). Además, presentan entre 1 y 1,5 % en peso de cloro que es una de las impurezas comunes del natrón mineral. Los vidrios se hallan por tanto dentro de los intervalos de composición química característicos de otros vidrios tardorromanos.

Sin embargo, los vidrios CS-3 y CS-4, ambos procedentes de la necrópolis Sur muestran un contenido de óxido de sodio más bajo que el resto de los vidrios (entre 1 y 2 % en peso), así como un porcentaje mayor de óxido de calcio (entre 3 y 5 % en

peso aproximadamente). Estos vidrios pueden considerarse de mejor calidad que el resto en términos de resistencia frente al uso y a la meteorización por la menor proporción relativa de óxido de sodio, que se utiliza como fundente, es decir para rebajar la temperatura de fusión del vidrio.

Por otro lado, el vidrio CS-6 contiene alrededor de 0,5 % en peso de óxido de arsénico. Además presenta una composición química incompatible con la de un vidrio tardorromano y muy similar a la de vidrios convencionales más modernos o contemporáneos de silicato sódico cálcico, en los que es frecuente encontrar contenidos semejantes de óxido de arsénico, utilizado para afinar el vidrio desde el siglo XVII (Fernández Navarro, 2003: 200). La coloración rosada-violeta que muestra (figura 2) sugiere que podría tratarse de un vidrio moderno solarizado que, posteriormente, se habría enterrado. La solarización de los vidrios se produce por la fotooxidación de los iones manganeso, que se añaden intencionadamente en forma de sales como decolorante de los óxidos de hierro que se encuentran presentes como impurezas en las arenas utilizadas para elaborar el vidrio.

En la figura 3A se muestra la separación composicional de los vidrios analizados en función de su contenido en óxido de calcio y óxido de sodio. Se observan dos agrupaciones: una constituida por las muestras CS-3 y CS-4 de la necrópolis Sur y otra compuesta por todos los vidrios de la necrópolis Norte en la que también se agrupa el vidrio CS-1 de la necrópolis Sur. El vidrio CS-6 se sitúa fuera de estas dos agrupaciones, lo cual confirma que no es un vidrio tardorromano sino un vidrio convencional más moderno. La aplicación de técnicas arqueométricas demuestra, por consiguiente, la validez de esta metodología, ya que el análisis de la composición química de los vidrios ha permitido detectar la presencia de un vidrio contemporáneo en el conjunto de vidrios tardorromanos.

La figura 3B muestra la posición relativa de los vidrios analizados, en función de los mismos óxidos, en comparación con otros conjuntos de vidrios romanos, tanto alto como bajoimperiales, de la Península Ibérica (García-Heras *et al.*, 2007, 2013; Carmona *et al.*, 2008; Palomar *et al.*, 2012). Puede observarse que, excepto el vidrio CS-6 convencional más moderno, la composición química de los vidrios de Cubas de la Sagra es coherente con la de otros vidrios tardorromanos analizados. Asimismo, se puede observar también que la composición química de los vidrios CS-3 y CS-4 está más próxima a la de vidrios de cronología altoimperial, lo que podría sugerir que quizás la necrópolis Sur tuviera una fecha algo más temprana que la necrópolis Norte.

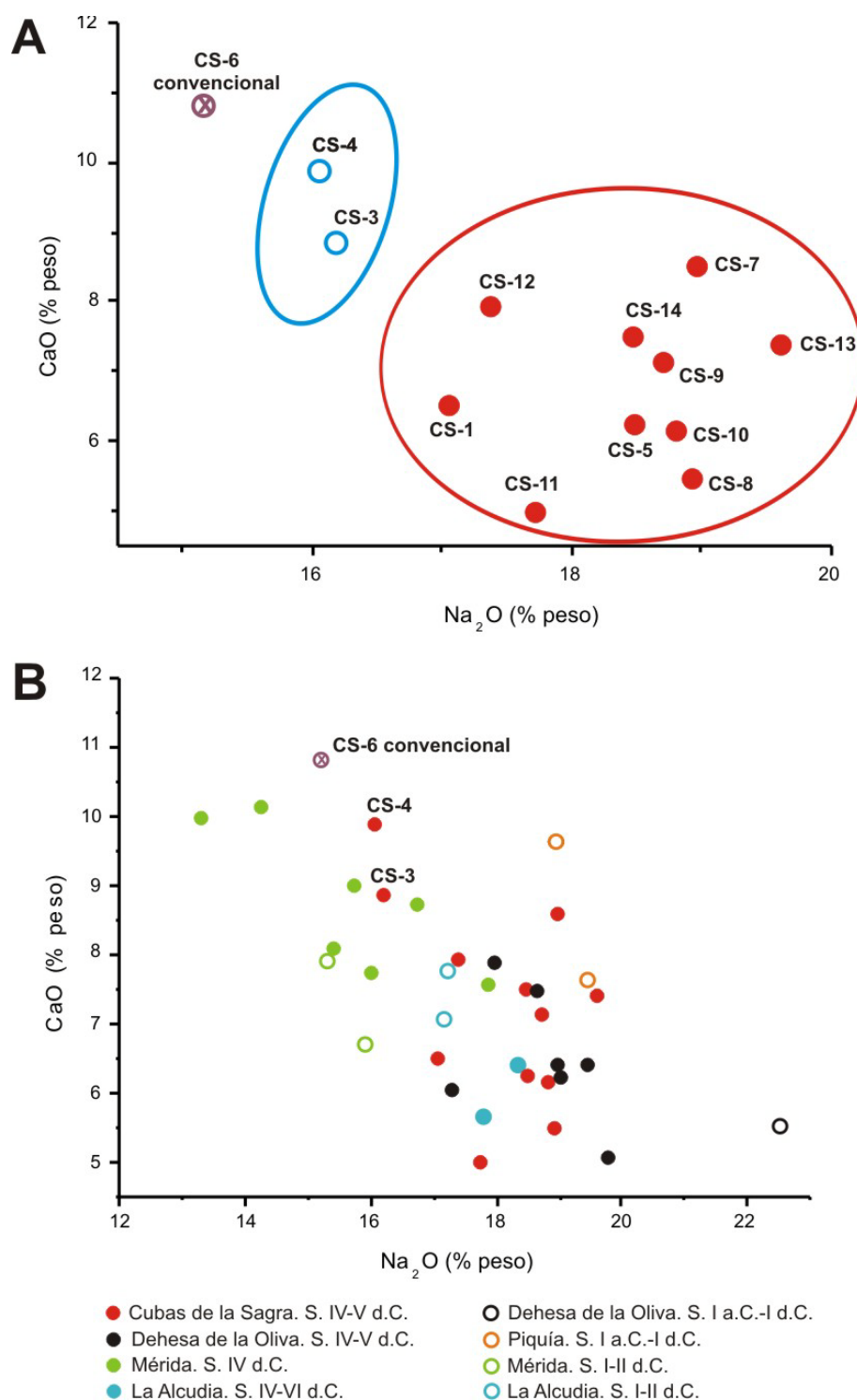


Figura 3. A) Separación composicional de los vidrios analizados.
B) Comparación con otros conjuntos de vidrio romano de la Península Ibérica.

El análisis de los sedimentos adheridos a la superficie de los vidrios dio como resultado un suelo ligeramente básico en la necrópolis Sur (pH entre 7,74 y 7,83), mientras que en la necrópolis Norte el suelo resultó ligeramente ácido (pH entre 6,60 y 6,90). Las fases mineralógicas mayoritarias que se detectaron por DRX en el suelo de la necrópolis Sur (figura 4A) son cuarzo, feldspatos (potásicos y sódicos) y calcita. La presencia de calcita (carbonato cálcico) explica la basicidad de estos

suelos. Por el contrario, en el suelo de la necrópolis Norte (figura 4B) no se detectó calcita. Estos resultados indican que hay mayores probabilidades de deterioro en los vidrios que permanecieron enterrados en la necrópolis Sur, ya que los vidrios de silicato se degradan de modo más intenso cuanto mayor es el pH y la humedad del medio circundante (Fernández Navarro, 2000).

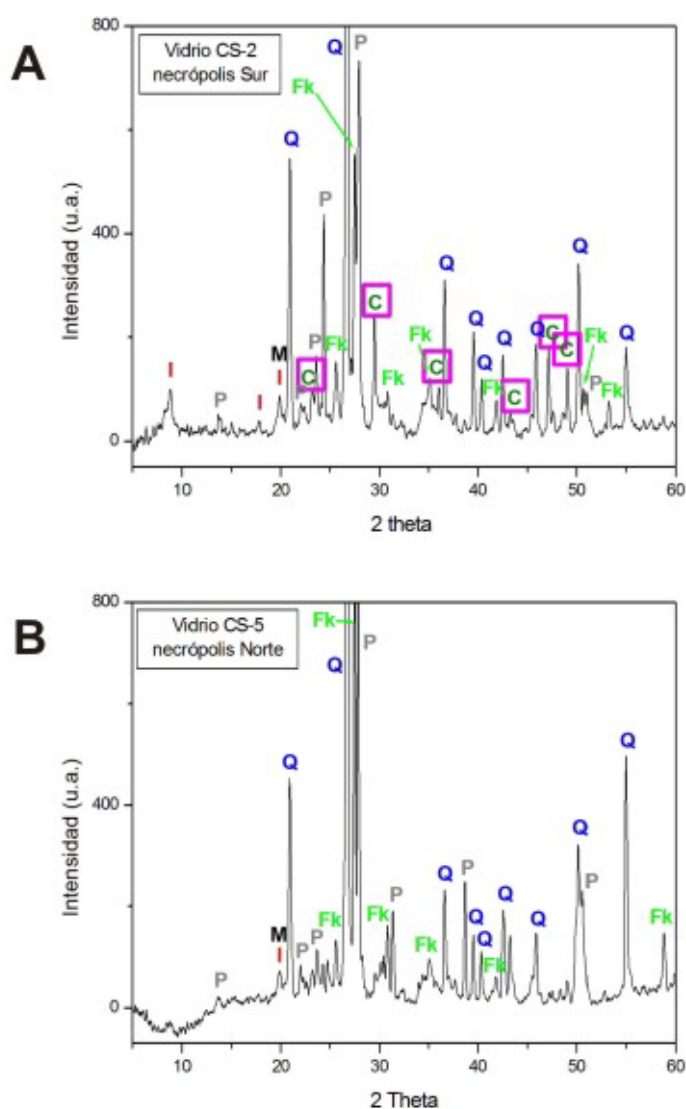


Figura 4. Difractogramas de rayos X. Fases detectadas: C Calcita, Fk Feldespato potásico, I Illita, M Mica, P Plagioclasa (feldespato sódico), Q Cuarzo.

Con el fin de determinar el estado de conservación y el posible grado de deterioro de los vidrios analizados se realizaron observaciones de secciones transversales con microscopía electrónica de barrido (MEBEC) y se microanalizaron mediante EDS. En los vidrios de la necrópolis Sur, como el mostrado en la figura 5 (A y B), se observó una sección homogénea en la que el cuerpo del vidrio, correspondiente a la parte más interna, no estaba alterado. En la parte más externa, se observó una zona agrietada en la que el vidrio tampoco estaba alterado, lo que sugiere que no se han producido fenómenos de degradación. Únicamente, en las zonas más externas, se

detectó una desalcalinización (extracción de iones alcalinos, como el sodio y el potasio) y formación de una capa de gel de sílice como consecuencia del contacto continuado con la humedad del suelo. En la figura 5B se puede observar que el contacto entre el vidrio y la capa de sedimento adherido a su superficie es continua y homogénea, lo que sugiere que el grado de alteración de los vidrios no es muy acusado.

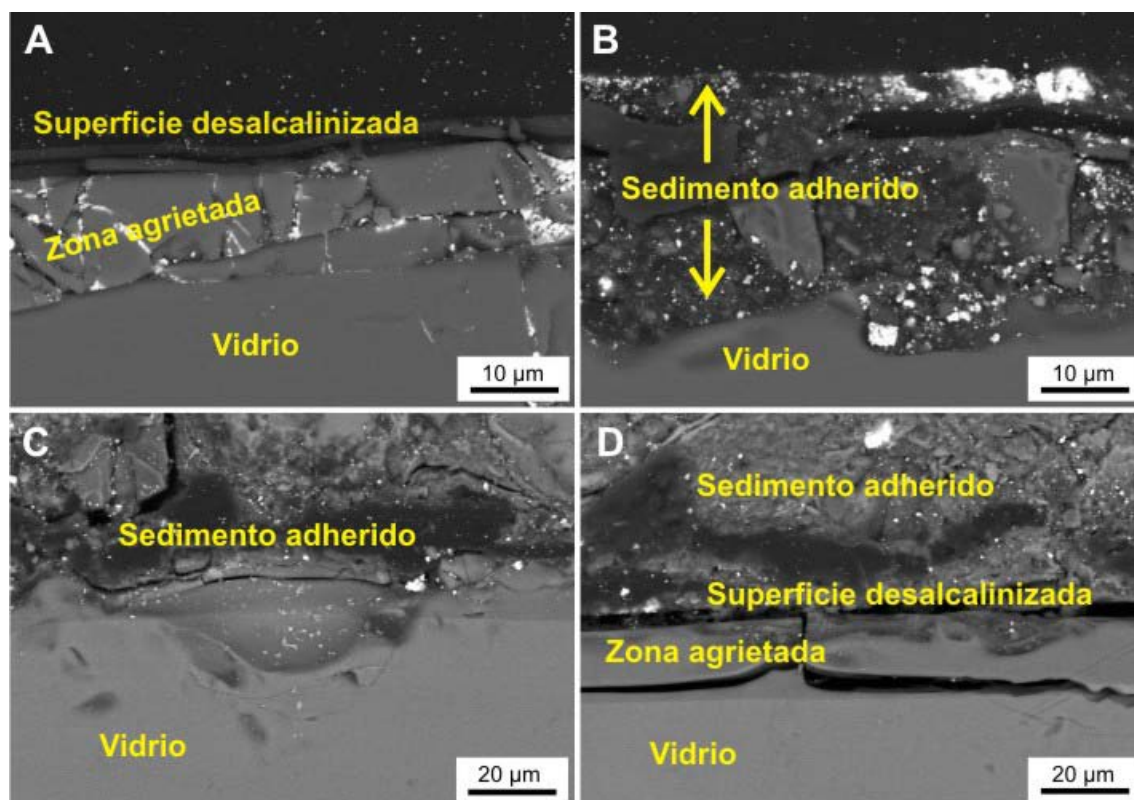


Figura 5. Imágenes de MEBEC de secciones transversales de los vidrios analizados (A y B vidrios de la necrópolis Sur; C y D vidrios de la necrópolis Norte).

En los vidrios de la necrópolis Norte, como el que se muestra en las imágenes de la figura 5 (C y D), también se observó una sección homogénea en la que el cuerpo del vidrio no estaba alterado. En algunas zonas, el contacto entre el vidrio y el sedimento adherido a su superficie es continuo (figura 5C), mientras que en otras se observa una zona de vidrio agrietada entre el sedimento y el cuerpo interno del vidrio (figura 5D). Aparte de la desalcalinización y formación de una capa de gel de sílice detectada en las zonas más externas de la zona agrietada, no se determinaron en los vidrios otros fenómenos de degradación que pudieran conectarse con el pH ligeramente ácido del suelo de la necrópolis Norte.



Figura 6. Detalle de una jarra de vidrio procedente de la Necrópolis Camino de Santa Juana en Cubas de la Sagra. Foto: MAR / M. Torquemada.



Figura 7. Vaso de la ocultación 74200 de Camino de Santa Juana en Cubas de la Sagra. Foto: MAR / M. Torquemada.

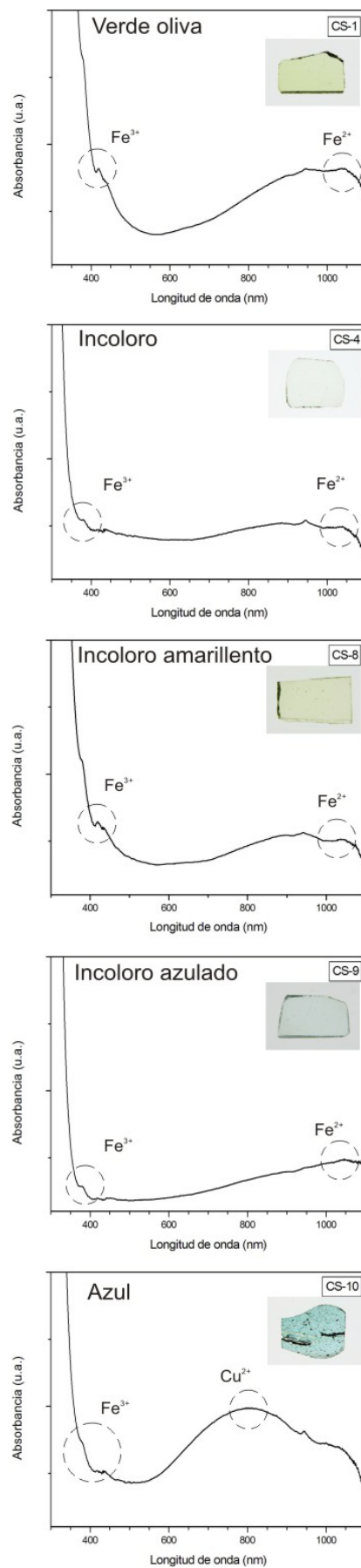


Figura 8. Espectros de absorción óptica de los vidrios estudiados.

En la figura 8 se resumen los cromóforos identificados por espectrofotometría visible. La coloración verde oliva se debe al par de iones de hierro $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$, cuyas bandas de absorción en la región visible del espectro se sitúan en torno a 420 y 440 nm para los iones Fe^{3+} y en el intervalo 1.050-1.100 nm para los iones Fe^{2+} . La suma cromática de las proporciones de iones Fe^{3+} , que imparten color amarillo al vidrio, y las de iones Fe^{2+} , que imparten color azul, da como resultado el color verde oliva que muestra el vidrio. Los vidrios de aspecto incoloro también presentan estas bandas de absorción aunque en este caso son de mucha menor intensidad. En los vidrios incoloros con cierta tonalidad amarillenta son los iones Fe^{3+} los predominantes, mientras que en los vidrios incoloros con cierta tonalidad azulada son los iones Fe^{2+} los que predominan. Sin embargo en el vidrio azul, el cromóforo responsable de la coloración azul turquesa es el Cu^{2+} que muestra una absorción muy intensa en torno a los 800 nm.

En la mayoría de los vidrios analizados se encuentran altos contenidos de óxido de manganeso (entre 0,9 y 2,5 % en peso). Esto indica que con toda probabilidad se añadieron sales de manganeso para decolorar las impurezas de hierro de la arena utilizada para elaborar el vidrio; es lo que en épocas posteriores se conocería como “jabón de vidriero” (Fernández Navarro, 2003). Este procedimiento era conocido y usado habitualmente por los vidrieros romanos, quienes lo habían heredado a su vez de la tradición vidriera más antigua de Próximo Oriente (García Heras *et al.*, 2012). Por otro lado, las coloraciones verde oliva pueden ser el resultado de la mezcla de vidrios posiblemente reciclados, esta práctica habitual en esta época, produce un enriquecimiento progresivo de las impurezas de hierro en el vidrio.

Conclusiones

El análisis arqueométrico de los vidrios hallados en las dos necrópolis del Camino de Santa Juana ha permitido determinar que se trata de vidrios de silicato sódico cálcico de base natrón, con intervalos característicos de composición química de otros vidrios tardorromanos. En general, presentan una composición muy homogénea excepto dos vidrios de la necrópolis Sur, en los que se determinó un contenido menor de óxido de sodio, que puede asociarse a una mejor calidad y a composiciones cercanas a las de vidrios altoimperiales, lo que podría sugerir una cronología probablemente más temprana para la necrópolis Sur. El análisis arqueométrico ha permitido también detectar un vidrio convencional solarizado más moderno, que es composicionalmente incompatible con el conjunto de vidrios tardorromanos, lo cual pone de manifiesto la validez de esta metodología.

Excepto en el vidrio azul turquesa, cuya coloración se debe a iones Cu^{2+} , las coloraciones verde oliva e incoloras, así como las incoloras más amarillentas o más azuladas, se deben a la presencia del par de iones de hierro $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ y a la mayor o menor proporción de uno u otro. Prácticamente en todos los vidrios tardorromanos se detectó óxido de manganeso utilizado como decolorante de las impurezas de hierro, ya que parece probable que muchos de los vidrios de color verde oliva se elaboraran a partir de vidrio reciclado. Este aspecto impide, por tanto, llegar a cualquier tipo de conclusión sobre su posible procedencia geográfica.

Aparte de la desalcalinización de su superficie, que aparece agrietada y con una capa de gel de sílice, las diferencias de pH del sedimento en el que permanecieron enterrados no han afectado de modo importante al estado de conservación que presentan los vidrios. Por tanto, según estos resultados, es recomendable que los vidrios de Cubas de la Sagra se preserven en el futuro en ambientes no estacionarios con una ventilación moderada que evite condensaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación de los proyectos HAR2012-30769 (Ministerio de Economía y Competitividad) y Geomateriales 2 (S2013/MIT-2914, Comunidad de Madrid y Unión Europea-Fondos Estructurales). Asimismo agradecen el apoyo profesional de la Red TechnoHeritage de Ciencia y Tecnología para la Conservación del Patrimonio Cultural.